(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 44 20 598 A 1**

(51) Int. Cl.[6]:
G 05 D 3/20
B 23 Q 15/00
G 05 B 19/19
G 05 D 13/62

(21) Aktenzeichen: P 44 20 598.8
(22) Anmeldetag: 13. 6. 94
(43) Offenlegungstag: 14. 12. 95

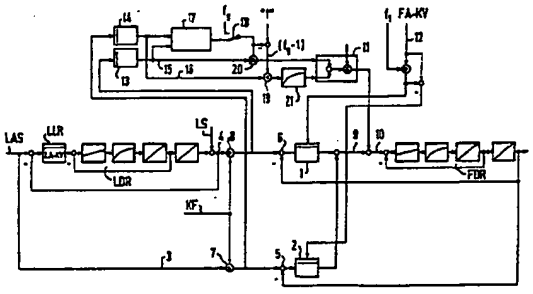
DE 44 20 598 A 1

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Schleicher, Siegfried, Dr.-Ing., 09113 Chemnitz, DE;
Böhm, Manfred, Dipl.-Ing., 91362 Pretzfeld, DE;
Welker, Johannes, Dipl.-Ing., 92318 Neumarkt, DE

(54) Verfahren zur numerisch gesteuerten Lageregelung gekoppelter Achsen

(57) Verfahren zur numerisch gesteuerten Lageregelung gekoppelter Achsen aus mindestens einem Leit-/Folgeachspaar, insbesondere für Werkzeugmaschinen mit Führung der Folgeachse durch Signale der Leitachsbewegung, wobei die Soll- und Ist-Signale der Leitachsbewegung in Sollsignal- und Istsignal-Koppelpfaden mit zweigspezifisch zugeordneten Soll- und Ist-Anteilsfaktoren für die Koppelfeld-Intensität gewichtet werden und wobei die gewichteten Koppelpfadsignale additiv zusammengefügt zur gekoppelten Führung der Folgeachsbewegung aufgeschaltet werden. Neben den Lage-Koppelpfaden sind noch zwei Geschwindigkeits-Koppelpfade vorsehbar. Der Soll- und Ist-Anteilsfaktor der Geschwindigkeits-Koppelpfade wird von einem Adaptionsglied entsprechend der Soll- und Ist-Leitachsbewegung gesteuert. Im Verlauf der Bearbeitung kann das Anteilsverhältnis der Soll-/Ist-Geschwindigkeitskoppelpfade abgeändert werden.



DE 44 20 598 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 050/372 8/31

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur numerisch gesteuerten Lageregelung gekoppelter Achsen aus mindestens einem Leit-/Folgeachspaar mit Führung der Folgeachse durch Signale der Leitachsbewegung. Günstig ist es dabei, wenn die Führungssignale der Folgeachse sowohl von Ist- als auch von Soll-Signalen der Leitachsbewegung abgeleitet werden können, um auch bei wechselnden Leitachsgeschwindigkeiten bei Laststörungen oder vorgegebenen Pendelbewegungen für die Leitachse nicht nur eine hohe Geschwindigkeits- sondern auch eine hohe Lage-Synchronlaufqualität zu erzielen.

Eine numerisch gesteuerte Lageregelung gekoppelter Achsen (Synchronlaufregelung) ist aus der europäischen Patentschrift EP-0 309 824 A1, "Verfahren zur numerisch gesteuerten Lageregelung elektromotorisch angetriebener Achsen" bekannt. Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl das Soll-Lage als auch das Drehzahl-Ist-Signal der Leitachsbewegung für die Führung der Folgeachsbewegung, um die Synchronlaufabweichung auf Null zu halten. Dabei wird die Aufgabe, jeden systembedingten Synchronlauffehler zu vermeiden, dadurch gelöst, daß alle Achsen durch Verwendung identisch strukturierter und spezifisch eingestellter Regelkreise gleiches dynamisches Verhalten aufweisen, daß sich der jeweilige Lage-Sollwert der jeweiligen Folgeachse aus dem mit dem jeweiligen Übersetzungsverhältnis gewichteten jeweiligen Lage-Sollwert der jeweiligen Leitachse ergibt, daß der resultierende Drehzahl-Istwert der jeweiligen Leitachse mit dem resultierenden Drehzahl-Istwert der jeweiligen Folgeachse unter Berücksichtigung des jeweiligen Übersetzungsverhältnisses verglichen wird und daß bei einer Differenz der resultierenden Drehzahl-Istwerte die Drehzahl der jeweiligen Folgeachse über einen Zustandsausgleichsregler durch Vorgabe eines entsprechenden Drehzahlsollwertes der Folgeachse nachregelbar ist.

Wegen der Forderung nach gleicher Achsdynamik ist bei der Einstellung des Folgeachslagereglers eine zur Leitachs-Einstellung gleiche Parameterwahl vorzunehmen, dies gilt auch bei einer Leitachse mit gegenüber der Folgeachse geringerer Dynamik. Die Stabilität des Folgeachsregelkreises wird dabei bestimmt durch die Rückkopplung im Folgeachslageregler sowie die Rückkopplung im Zustandsausgleichsregler.

Die Einstellung des Zustandsausgleichsreglers erfolgt somit im Rahmen der strukturbedingten Abhängigkeitsbeziehung zum eingestellten Folgeachse-Lageregler-Verstärkungsfaktor. Der infolge dieser Abhängigkeit nutzbare Einstellbereich des Zustandsausgleichsreglers wird umso kleiner, je größer der Folgeachs-Lageregler-Verstärkungsfaktor eingestellt wird. Damit ist das statische und dynamische Folgevermögen des Folgeachslageregelkreises zur Leitachs-Istlage nicht immer voll nutzbar.

Weiterhin zeigt dieses bekannte Verfahren auf, wie zur Erzielung eines optimalen Einschwingverhaltens mittels einer das Anlaufverhalten des Motors berücksichtigenden dynamischen Vorsteuerung der Lage-Sollwert pro Zeiteinheit als Drehzahl-Sollwert über ein Proportionalglied direkt an die Drehzahlregelstrecke vorgegeben wird. Um dabei beim Anlaufverhalten ein Überschwingen über die Soll-Lageposition zu vermeiden, wird das Soll-Lage-Signal, bevor es dem Lagevergleicher aufgeschaltet wird, über ein Verzögerungsglied geführt, das das Zeitverhalten des gesamten Drehzahlregelkreises nachbildet. Dadurch wird der jeweilige Lagesollwert mit der Zeitverzögerung, die dem Anlaufverhalten des Motors entspricht, auf den Lage-Vergleicher des Lageregelkreises gegeben.

Die Inbetriebnahme und Parametrierung der spezifisch einzustellenden Regelkreise erfordert allerdings Erfahrung und einen nicht unbeträchtlichen Zeitaufwand.

Bei einem Verfahren für das Gewindeerzeugen auf numerisch gesteuerten Automaten gemäß dem europäischen Patent EP-0 332 975 wird der dynamische Schleppabstand (-fehler) der Folgeachse minimiert, indem für ein besseres synchrones Anfahren und Abbremsen gleichfalls wie bei dem obengenannten Verfahren eine Vorsteuerung eingesetzt wird, bei der gleichzeitig mit der Aufschaltung des Drehzahlsollwertes auf den Drehzahlregelkreis der (Leit-)Drehachse ein aus dem (Leitachs-)Drehzahlsollwert gebildeter Vorschubsollwert (Folgeachs-Drehzahlsollwert) zusammen mit einer aus dem (Leit-)Lageistwert der Drehachse und dem (Folgeachs-)Lageistwert der Linearbewegung gebildeten Regeldifferenz auf den Regelkreis für die (Folgeachs-)Linearbewegung aufschaltbar ist. Zum Ausgleich der gegenüber der folgeachsdrehzahlregelkreislangsameren Leitachsdrehzahlregelkreis-Dynamik kann der Vorschubsollwert über ein Verzögerungsglied geführt werden.

Beide Verfahren vermindern den dynamischen Schleppabstand beim interpolatorisch gesteuerten Anfahren und Abbremsen der Leitachse.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß ausgehend von einer einheitlichen Struktur die Geschwindigkeits- und Lage-Synchronlaufqualität der Folgeachs-Istlage gegenüber der Leitachs-Istlage bzw. der Summe der Leitachs-Istlagen für spezielle Technologieanforderungen verbessert wird, indem mittels einfacher Parametrierung eine Koppel-Strukturanpassung ausführbar ist und dabei eine Einstellung der Regelkreise auf ihre optimale Achsdynamik möglich ist. Das Verfahren ist geeignet für eine oder mehrere gegebenenfalls auch nicht lagegeregelte Leitachsen.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Soll- und Ist-Signale der Leitachsbewegung in Sollsignal- und Istsignal-Koppelpfaden mit zweigspezifisch zugeordneten Soll- und Ist-Anteilsfaktoren für die Koppelpfad-Intensität gewichtet werden und daß die so gewichteten Koppelpfadsignale additiv zusammengefügt zur gekoppelten Führung der Folgeachsbewegung aufgeschaltet werden.

Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung, wie diese in den Unteransprüchen ihren Niederschlag finden, werden im Rahmen des Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels dargestellt und im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein erstes Blockschaltbild,

Fig. 2 ein zweites Blockschaltbild.

Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt in Form eines ersten Blockschaltbilds eine erste Möglichkeit zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens. (Der Leitachssollwert ist als LAS bezeichnet, eine mögliche Laststörung mit LS.)

Dabei sind zwei gekoppelte Achsen lagegeregelt, von denen eine als Leitachse und eine als Folgeachse geschaltet ist. Jede Achse besitzt einen Lageregelkreis mit unterlagertem Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsregel-

kreis, Leitachslageregler LLR, Leitachsdrehzahlregler LDR, Folgeachslageregler 1 im Ist-Lagekoppelzweig, Folgeachslageregler 2 im Soll-Lagekoppelzweig, Folgeachsdrehzahlregelkreis FDR. Ein Leitachs-Lage-Sollwert 3 wird von einer der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellten übergeordneten Steuerung bereitgestellt. Der Folgeachslageregelkreis ist mit zwei Folgeachslagereglern 1 und 2 mittels der parallel arbeitenden Vergleicher 5 und 6 und der Koppel-Multiplikatoren 7 und 8, die einen Leitachs-Soll-Lage-Koppelpfad und einen Leitachs-Ist-Lage-Koppelpfad bilden, an den Leitachssollwert 3 und den Leitachsistwert 4 angeschaltet. Auf die Koppel-Multiplikatoren 7 und 8 ist der vorgegebene Koppelfaktor KF aufgeschaltet.

Das Führungssignal des Folgeachs-Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsregelkreises setzt sich additiv aus den beiden Ausgangssignalen der Folgeachslageregler 1 und 2 sowie dem vom Signalmischer 11 bereitgestellten Geschwindigkeits-Führungssignal zusammen.

Die Stabilität des Gesamt-Folgeachs-Lageregelkreises wird durch den Gesamt-Verstärkungsfaktor FA-KV beeinflußt, der in zwei Anteilen (FA-KV1 und FA-KV2 wobei FA-KV = FA-KV1 + FA-KV2) in den beiden Lage-Koppelpfaden jeweils als Pfad-P-Verstärkungsfaktor 9 in den beiden Folgeachslagereglern 1 und 2 wirkt. Die Koppelintensität eines Lage-Koppelpfades in Relation zum zweiten Lagekoppelpfad wird durch das Verhältnis der beiden Lagekoppelpfad-P-Verstärkungsfaktoren festgelegt.

Der größte einstellbare Summenwert FA-KV aus beiden Lagekoppelpfad-P-Verstärkungsfaktoren ist durch die Stabilitätseigenschaften des Folgeachslageregelkreises festgelegt. Eine Abhängigkeit von der Einstellung eines oder bei mehreren Leitachsen von mehreren Leitachslageregelkreisen besteht bei der Einstellung des Gesamt-P-Verstärkungsfaktors (Summenwert FA-KV) beim Folgeachslageregelkreis nicht. Es können lageregelte und nichtlageregelte Leitachsen gemischt zum Einsatz kommen. Da keine Abhängigkeiten vorliegen, ergeben sich keine daraus resultierenden Einstell-Beschränkungen. Die Inbetriebnahme der gekoppelten Folgeachse, samt Parametrierung ihres Lageregelkreises, ist unabhängig von der/den Leitachs-Einstellung/en vornehmbar und damit einfach und kurz. Entsprechendes gilt für die Parametrierung der Leitachsen.

Bei der Inbetriebnahme der Lagekoppelpfade ist das Anteilsverhältnis für die Koppelintensität der beiden Lagekoppelpfade frei festlegbar. Das Anteilsverhältnis wird durch die Größenwahl des Faktors f_l gesteuert. Für den verfügbaren Wertebereich gilt: $0 \leq f_l \leq 1$.

In Fällen, wo nur die Ist-Lage-Synchronlaufabweichung von Interesse ist, wird eine dominierende Koppelintensität des Ist-Lagekoppelpfades eingeschaltet. Mit Aufschalten des Faktors $f_l = 1$ wird schließlich die maximale Koppelintensität im Ist-Lagekoppelpfad eingeschaltet. Die Koppelintensität im Soll-Lagekoppelpfad geht dabei dann auf Null zurück. Das dazu entsprechende Blockschaltbild zeigt Fig. 2.

Neben den Lage-Koppelpfaden sind noch zwei Geschwindigkeits-Koppelpfade vorsehbar. Im Soll-Geschwindigkeits-Koppelpfad wird das mit dem Koppelfaktor gewichtete Soll-Geschwindigkeitssignal der Leitachse und im Ist-Geschwindigkeits-Koppelpfad wird das mit dem Koppelfaktor KF gewichtete Ist-Geschwindigkeitssignal über die Anteils-Multiplikatoren 19 und 20 auf den Signalmischer 11, der im einfachsten Fall ein Addierglied sein kann, geführt.

Die Koppelintensität in den beiden Geschwindigkeitskoppelpfaden wird durch den Anteilsverhältnisfaktor f_g gesteuert. Der Wertebereich für f_g ist: $0 \leq f_g \leq 1$. Wird $f_g = 1$ auf das Anteil-Multiplikationsglied 20 aufgeschaltet, so ist eine 100%-ige Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsführung der Folgeachse durch das Istgeschwindigkeitssignal der Leitachsbewegung eingeschaltet. Mit $f_g = 0$ wird eine 100%-ige Führung des Folgeachs-Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsregelkreises durch das Soll-Geschwindigkeitssignal der Leitachsbewegung eingeschaltet.

Das Filter 21 im Soll-Geschwindigkeits-Koppelpfad gleicht Signallaufzeitunterschiede aus, um eine optimale Synchronlaufqualität auch bei oszillierendem Führungssignal zu erhalten.

Für das Filter 21 gibt es keine feste Einstellung, weil diese vom Unterschied der wirksamen Achsdynamiken von Leit- und Folgeachse abhängt.

Bei gleicher Achsdynamik von Leit- und Folgeachse wird zum Zweck eines bestmöglichen Führungsverhaltens des Synchronlaufachspaares auch die Leitachse in bekannter Weise vorgesteuert, was nicht dargestellt ist. Nachdem bei der Inbetriebnahme die Leitachse parametriert ist, wird deren Filtereinstellung vom Vorsteuerzweig für die Einstellung des Filters 21 im Soll-Geschwindigkeits-Koppelpfad übernommen.

Im Falle stark unterschiedlicher Leit- und Folgeachsdynamiken, wenn die Folgeachse wesentlich dynamischer als die Leitachse ist, soll das Filter die Signallaufzeitdifferenz der Ist-Lage-Signale von der Leit- und der Folgeachse ausgleichen, die bei nicht vorhandener Filterwirkung im Soll-Geschwindigkeits-Koppelpfad am Lage-Vergleicher des Folgeachslageregelkreises auftritt und die unerwünschte Synchronlaufabweichung bewirkt. Der richtige, ausgleichende Zeitkonstantenwert des Filters 21 ergibt sich etwa als Differenz zwischen der dominierenden Zeitkonstanten des Leitachs-Lageregelkreises zur dominierenden Zeitkonstante des Folgeachs-Drehzahlregelkreises.

Die richtige Filtereinstellung ist in der Praxis einfach herbeiführbar bzw. überprüfbar, wenn bei der Inbetriebnahme bei maximaler Frequenz des oszillierenden Führungssignals das Filter 21 so lange verstellt wird, bis über den periodischen Gesamtverlauf der Oszillationsbewegung der Folgeachsschleppfehler seinen minimalen Verlauf einnimmt.

Die Koppelintensität der beiden Geschwindigkeits-Koppelpfade ist im aufgezeigten Beispiel in zwei Varianten steuerbar.

Variante 1

Bei abgeschaltetem Adaptionsglied 17 wird der Anteilverhältnisfaktor f_g bei der Inbetriebnahme passend zum Einsatzfall gewählt und fest aufgeschaltet.

Die Anwendung findet eine vorgewählte, dominierende Koppelintensität im Sollgeschwindigkeitskoppelpfad bei oszillierenden Leitachsbewegungen, wie sie auf Schleifmaschinen oder auch Wälzstoßmaschinen benötigt werden.

Eine vorteilhafte Anwendung findet eine dominierende Koppelintensität im Soll-Geschwindigkeitskoppelpfad auch dann, wenn das schneidende Werkzeug am Umanfang verteilte Schneidzähne aufweist und Wechsellaststörungen auf das Leitachs-Istsignal auftreten, denen der geregelte Folgeachsantrieb wegen seiner endlichen Folgedynamik nicht mehr folgen kann. Der geregelte Folgeantrieb würde bei dominierender Koppelintensität im Ist-Geschwindigkeitskoppelpfad zu Regel-

bewegungen angeregt, die den Synchronlauf verschlechtern.

Liegen die lastbedingten Schwankungen auf dem Ist-Leitachssignal frequenzmäßig im Bereich der Folgedynamik des Folgeachsantriebes, so wird vorteilhaft eine dominierende Koppelintensität im Ist-Geschwindigkeitskoppelpfad eingeschaltet.

Durch eine vorzugsweise vollständige, also 100%-ige geschwindigkeitsseitige Führung des Folgeachsantriebes aus Anteilen des Leitachssoll- und -istwertes muß die Folgeachs-Lageregelung dominierend nur das Ausregeln der "Langzeit"-Lage-Synchronlaufabweichungen vornehmen und die hohe Genauigkeit gewährleisten.

Anhand des oszillografisch dargestellten zeitlichen Signalverlaufs des Vergleichssignals vom Vergleicher 6 kann kontrolliert und für den konkreten praktischen Fall entschieden werden, ob eine f_g-Verstellung eine Synchronlaufverbesserung bringt. Da diese Einstellung keine Nebenwirkungen auf die Systemstabilität hat, ist sie einfach ausführbar. Es ist somit bei höchsten Anforderungen für den jeweiligen konkreten Einsatzfall die optimale spezifische Einstellung herbeiführbar.

Variante 2

Bei zugeschaltetem Adaptionsglied 17 übernimmt dieses die Steuerung der Koppelintensität in den beiden Geschwindigkeits-Koppelpfaden in Abhängigkeit der Signalverläufe der Leitachsbewegung. Vorzugsweise wird bei Anfahr-, Umsteuer- und Bremsphasen der Leitachse der Soll-Geschwindigkeits-Koppelpfad in seiner Koppelintensität aufgesteuert. Der Folgeachsantrieb erhält damit quasi zeitlich parallel zum Leitachsantrieb die sich stark ändernden Führungs-Sollwerte und kann so auch quasi zeitlich parallel seine gekoppelt auszuführende Anfahr-, Umsteuer- und Bremsphase einleiten. Dadurch wird auch in diesen Phasen eine hohe Synchronlaufqualität erzielbar.

Beim Übergang zur stationären Leitachsfahrt wird schließlich zunehmend auf eine höhere Koppelintensität im Ist-Geschwindigkeits-Koppelpfad zurückgesteuert, die Voraussetzung für bestes Folgeverhalten des Folgeantriebs zur Leitachsistbewegung ist. Das Verhältnis ist anwendungsspezifisch wählbar.

Weitere Ausführungen ergeben sich in Kombination unterschiedlicher Soll-/Ist-Anteilsverhältnisse in den Geschwindigkeits- und in den Lage-Koppelpfaden. Dabei ist mit einfacher Parametrierung und kurzer Inbetriebnahme für die geforderten unterschiedlichen Einsatzbedingungen, auch bei nichtstationärer Fahrt der Leitachse, die bestmögliche Synchronlaufqualität erzielbar.

Im Verlauf der Bearbeitung kann das Anteilsverhältnis der Soll-/Ist-Geschwindigkeitskoppelpfade abgeändert werden, wobei parallel dazu anhand des oszillografischen Verlaufs der Synchronlaufabweichung kontrollierbar ist, ob eine Verbesserung oder Verschlechterung der Synchronlaufqualität eintritt. Die Verstellung wird dann entsprechend korrigiert bis die minimale Schleppfehlerabweichung erreicht ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur numerisch gesteuerten Lageregelung gekoppelter Achsen aus mindestens einem Leit-/Folgeachspaar, mit Führung der Folgeachse durch Signale der Leitachsbewegung, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Soll- und Ist-Signale der Leitachsbewegung in Sollsignal- und Istsignal-Koppelpfaden mit zweigspezifisch zugeordneten Soll- und Ist-Anteilsfaktoren für die Koppelpfad-Intensität gewichtet werden und die gewichteten Koppelpfadsignale additiv zusammengefügt zur gekoppelten Führung der Folgeachsbewegung aufgeschaltet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe aus Soll- und Ist-Anteilsfaktor von korrespondierenden Koppelpfaden vorzugsweise auf EINS gesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das mit dem Koppelfaktor gewichtete Sollgeschwindigkeitssignal der Leitachse mit dem Soll-Anteilsfaktor gewichtet, über ein Filter mit mindestens PT1-Wirkung und über einen Signalmischer zur Führung der Folgeachse aufgeschaltet wird, sowie das mit dem Koppelfaktor gewichtete Istgeschwindigkeitssignal der Leitachse mit dem Ist-Anteilsfaktor gewichtet über einen zweiten Eingang des Signalmischers zur Führung der Folgeachse aufgeschaltet wird, dabei das Ausgangssignal des Signalmischers mit dem Ausgangssignal eines mindestens aus einem Lageregler bestehenden Folgeachs-Gesamtlagereglers additiv zusammengefügt als Geschwindigkeitsführungswert dem Geschwindigkeitsregelkreis des Folgeachs-Gesamtlageregelkreises aufgeschaltet wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Folgeachs-Lageregler des Soll-Lage-Koppelpfades als P-Verstärkungsfaktor der mit der Größe des Soll-Lage-Anteilsfaktors des Lage-Koppelpfades gewichtete P-Verstärkungsfaktor des Folgeachs-Gesamtlagereglers und auf den Folgeachs-Lageregler des Ist-Lage-Koppelpfades als P-Verstärkungsfaktor der mit der Größe des Ist-Anteilsfaktors gewichtete P-Verstärkungsfaktor des Folgeachs-Gesamtlagereglers aufgeschaltet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Soll- und Ist-Anteilsfaktor der Geschwindigkeits-Koppelpfade von einem Adaptionsglied entsprechend der Soll- und Ist-Leitachsbewegung gesteuert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Adaptionsglied jeweils den Koppelpfad aufsteuert, dessen zeitlicher Signalverlauf die größere Änderung erfährt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Aufschalten des Soll-Anteilsfaktors von der Größe EINS (der Größe NULL) und dem entsprechenden Aufschalten des Ist-Anteilsfaktors von der Größe NULL (der Größe EINS) im Geschwindigkeits-Koppelpfad eine dominierende Sollgeschwindigkeits-Kopplung (bzw. Istgeschwindigkeits-Kopplung) von der Leitachse zum Folgeachs-Geschwindigkeitsregelkreis eingeschaltet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein Hochsteuern des P-Verstärkungsfaktors des Folgeachs-Lagereglers, dessen Führungseingang mit dem Leitachs-Istlagesignal (bzw. dem Leitachs-Soll-Lagesignal) beaufschlagt ist, gegenüber dem P-Verstärkungsfaktor des Folgeachs-Lagereglers, dessen Führungseingang mit dem Leitachs-Soll-Lagesignal (bzw. Leitachs-Ist-Lagesignal) beaufschlagt ist, eine dominierende Leitachs-Ist-Lage-Kopplung (bzw. Leitachs-Soll-

Lagekopplung) eingeschaltet wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren bei Werkzeugmaschinen eingesetzt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Nummer: DE 44 20 598 A1
Int. Cl.[6]: G 05 D 3/20
Offenlegungstag: 14. Dezember 1995

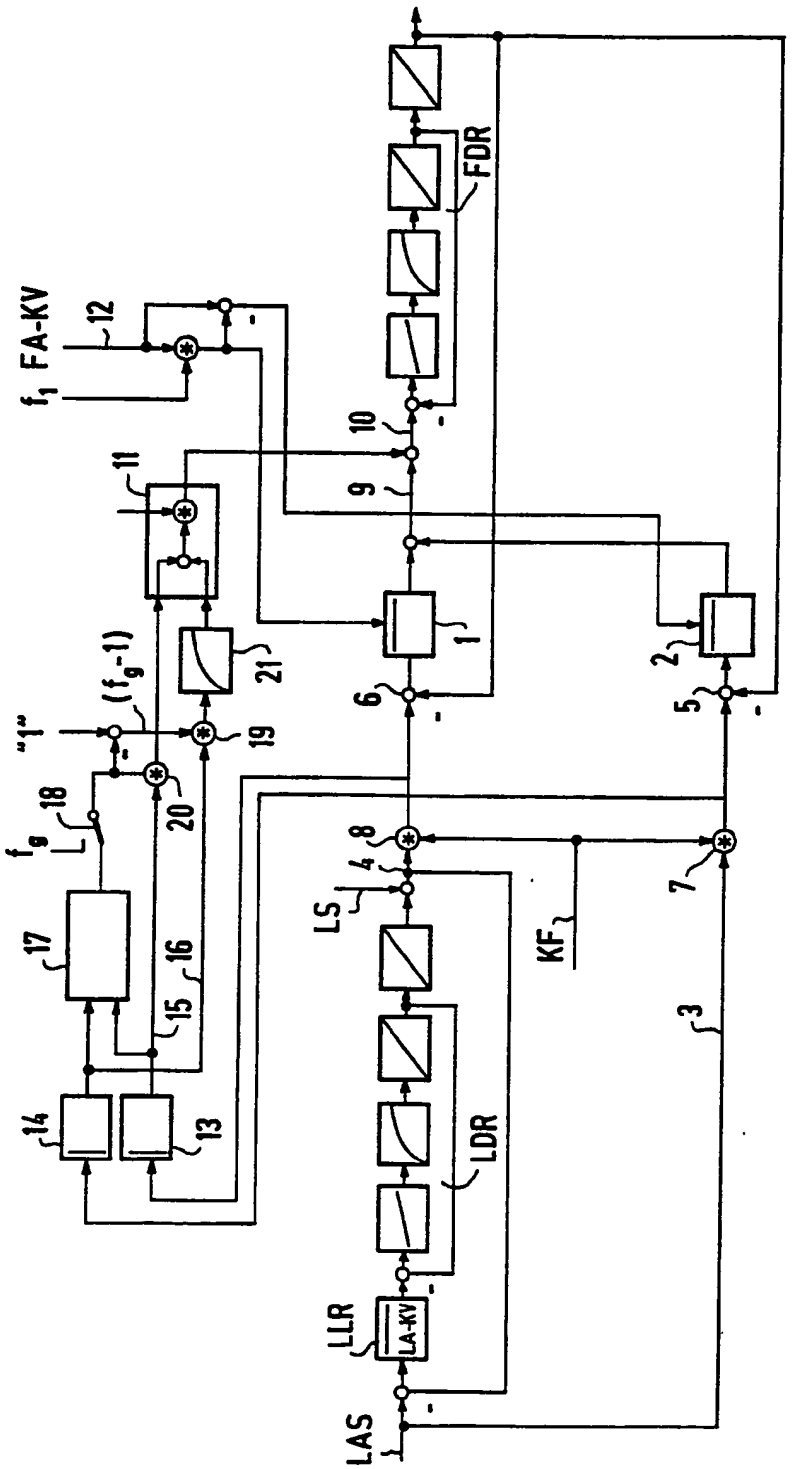


FIG 1

Nummer: DE 44 20 598 A1
Int. Cl.[6]: G 05 D 3/20
Offenlegungstag: 14. Dezember 1995

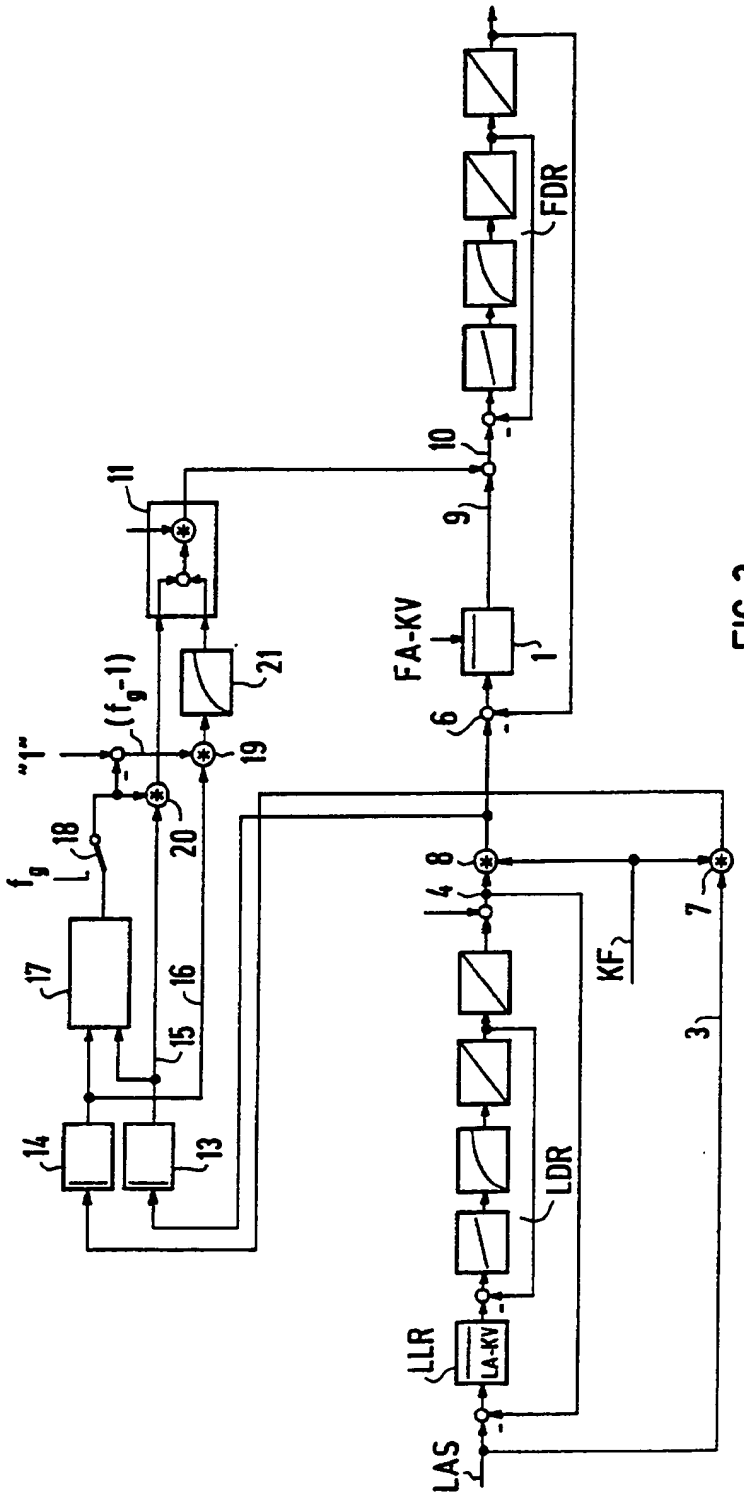


FIG 2

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☑ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.